ANÁLISE AMBIENTAL E A CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS POTENCIALMENTE TÓXICOS (CL, CR, CU, HG, PB, V E ZN), NO MUNICÍPIO DE MOGI MIRIM, ESTADO DE SÃO PAULO-BRASIL

Paulo Ricardo Brum PEREIRA[1]
Sueli YOSHINAGA PEREIRA[2]
Lucas CUTRI[3]
Mirian Ramos GUTJAHR[4]
Elvio SCHELLE[5]
Jacinta ENZWEILER[6]
Carlos Eduardo COLETTY[7]
Maria Aparecida VENDEMIATTO[8]

RESUMO

O presente trabalho originou-se em um dos estudos desenvolvidos através do programa de pesquisa da Estação Experimental de Mogi Mirim, uma Unidade de Conservação do Instituto Florestal, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. O método utilizado foi o "tree bark analysis", desenvolvido por pesquisadores do Centre for Analytical Sciences, Departamento de Química, da Universidade de Sheffield, Reino Unido e do National Institute for Environmental Studies, Japão. Esse método consiste na retirada de pequena parcela da casca de árvores, previamente selecionadas, georreferenciando-as, preparando as amostras e analisando-as, utilizando-se a fluorescência de raios X. Neste estudo utilizou-se as seguintes espécies de árvores: angico-cascudo-do-cerrado (*Anadenanthera falcata*), angico (*Anadenanthera macrocarpa*) e sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*). As cascas das árvores foram transformadas em pastilhas homogêneas e analisadas, utilizando-se o aparelho de fluorescência de raio X do Laboratório de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e também no Laboratório Churchill na Inglaterra (www.churchill-labs.co.uk). Por esse procedimento foi possível detectar a presença de elementos químicos potencialmente tóxicos (EQPT) e seus respectivos montantes. A cidade escolhida para o estudo foi Mogi Mirim, cidade paulista com aproximadamente 90.000 mil habitantes. Nesse município foram selecionadas áreas distintas para a coleta das amostras, considerando-se locais com maior ou menor probabilidade de apresentar índices dos diferentes EQPT, pela proximidade ou distanciamento de fontes de emissão. As áreas escolhidas foram a área central junto a igreja matriz, a área residencial próxima ao Tiro de Guerra, a área arborizada do Horto Florestal e finalizando escolheu-se a área junto ao trevo da rodovia que liga Mogi Mirim a Mogi Guaçu e Limeira.

Nas análises foram encontrados os seguintes EQPT, e seus respectivos índices em partes por milhão (ppm): cloro (26,0 ppm), cromo (entre 3,0 e 11,0 ppm), cobre (entre 18,0 e 26,0 ppm), chumbo (entre 2,0 e 8,0 ppm), mercúrio (entre 1,1 e 1,5 ppm), vanádio (entre 13,0 e 22,0 ppm) e zinco (entre 55,0 e 133,0 ppm).

[1] Instituto Florestal (SMA/SP), MSc, PqC paulobrumpereira@ig.com.br
[2]Universidade de Campinas (UNICAMP), Profa. Doutora sueliyos@ige.unicamp.br, jacinta@ige.unicamp.br; MSc aparecida@ige.unicamp.br.
[3] Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Graduando lucascutri@gmail.com
[4] Instituto Geológico (SMA/SP), Doutora, PqC gutjahrmr@igeologico.sp.gov.br.
[5] Universidade Federal do Mato Grosso, Prof. Doutor s_elvio@hotmail.com
[6] Idem.
[7] Universidade da Água (UNIÁGUA), Paraná, Brasil; Eng. Civil coletty@ig.com.br
[8] Idem.

Os resultados obtidos foram contextualizados dentro da perspectiva histórica e atual do processo de industrialização de Mogi Mirim e região, bem como também, dentro da perspectiva da emissão de poluição da Região Metropolitana de Campinas e região Metropolitana de São Paulo, levando-se em conta os fluxos atmosféricos. Esses resultados mostram que Mogi Mirim apresenta um considerável e preocupante processo de contaminação atmosférica, cujos níveis são todos superiores aos níveis máximos determinados pelas instituições afins, nacionais e internacionais.

As árvores analisadas possuem uma idade estimada entre 10 e 60 anos, e, se nesse período houve esse elevado índice de acúmulo nas cascas e esse acúmulo é pela fixação pelo contato atmosférico (pois a fixação através das raízes é desprezível, segundo a literatura), esses índices e esses elementos químicos são perfeitamente passíveis de serem acumulados pelo organismo humano, esses EQPT são todos prejudiciais à saúde humana e a maioria, são cancerígenos.

Finalizando, podemos acrescentar que essa metodologia é de fácil aplicação e de custos razoáveis, apresentando resultados rápidos para tomadas de decisões de cunho de políticas públicas de planejamento e saúde, bastante adequada à realidade brasileira.

ABSTRACT

The present paper derived from one of the research projects carried at the Experimental Station of Mogi Mirim a Conservation Unit of Instituto Florestal/SMA, State of São Paulo, Brazil and is related to environmental analysis. The adopted methodology is the tree bark analysis with the purpose of investigating on the occurrence of heavy metals or alternatively Potentially Toxic Chemical Elements (in Portuguese 'EQPT'). The selected trees' species were the following: angico-cascudo-do-cerrado (*Anadenanthera falcata*), angico (*Anadenanthera macrocarpa*) and sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*). The technical procedures in this methodology are based on a controlled gathering of tree bark, its grinding and compression into homogeneous tablets. The resulting tablets were analysed under X ray fluorescence equipment at the Geoscience Laboratory of State University of Campinas (UNICAMP) and at the Churchill Laboratory in England (www.churchill-labs.co.uk). It was possible to detect the occurrence of Chlorine (Cl), Chromium (C), Copper (Cu), Mercury (Hg), Lead (Pb), Vanadium (V) and Zinc Powder (Zn). The occurrence of such EQPTs reflects their availability in the surface atmosphere and some proximity with origin sources.

INTRODUÇÃO

A análise ambiental é um procedimento técnico-metodológico que pode subsidiar a construção do conhecimento dos diferentes ambientes (*sensu latu*), seu histórico, realidades e projeções futuras, bem como sugerir ações mitigadoras. Neste estudo, esse procedimento permitiu a caracterização do ambiente e o desdobramento das ações antrópicas relacionados à poluição do ar por elementos químicos potencialmente tóxicos (EQPT). Os EQPT, tem diferentes origens, tanto naturais como antrópicas, que geram e lançam ao meio ambiente inúmeros elementos químicos, causando *estresse* ambiental. Neste estudo tratou-se especificamente da origem antrópica dos EQPT, que causam tais efeitos negativos e situações particulares que podem ser prejudiciais à saúde da população.

A caracterização do *estresse* ambiental foi feita por biomonitoramento, utilizando-se cascas de árvores, cujas análises forneceram potenciais subsídios para uma futura mitigação de efeitos danosos à saúde de pessoas e para o futuro ajuste desses índices aos padrões determinados como aceitáveis, principalmente pela ótica da saúde pública.

Este estudo aborda a presença de EQPT no ambiente, utilizando-se como método o "*tree bark analysis"* (análise da casca de árvore), método desenvolvido por pesquisadores do *Centre for Analytical Sciences,* Departamento de Química, da Universidade de Sheffield,

Reino Unido e do *National Institute for Environmental Studies,* Japão (SATAKE, 1999 e 2001(a), (b); SATAKE *et al*. 1995; BELLIS *et al*. 2000 (a) e (b), 2001 e 2002; SCHELLE *et al.* 2003). Esse método consiste na retirada de pequena parcela da casca de árvores previamente selecionadas, confecção de amostras e análise das respectivas amostras utilizando-se a fluorescência de raio X, o que permite a definição da presença de determinado tipo de EQPT e suas quantidades.

Mogi Mirim (Figura 1) foi a cidade escolhida para o estudo, onde selecionou-se áreas distintas para a coleta das amostras, considerando locais com maior ou menor probabilidade da ocorrência de poluição ambiental pelos EQPT.

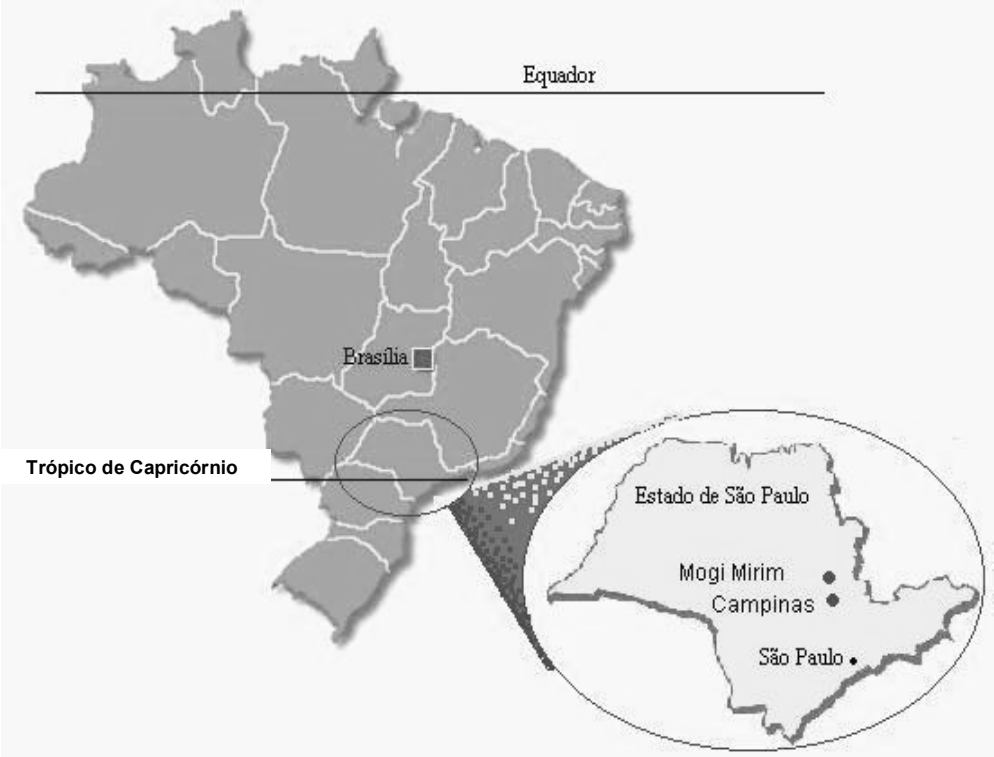


Figura 1 – Mapa de localização do município de Mogi Mirim

CONTEXTUALIZANDO O PROBLEMA

Com o aumento crescente da população humana, observa-se o uso intensivo de recursos naturais, resultante de uma série de empreendimentos, tais como indústria, setores de serviços e comércio, agricultura, mineração, pecuária, etc. Esses empreendimentos transformam a superfície da terra, alterando a maioria dos ciclos biogeoquímicos (VITOUSEK *et al*., 1997).

Muitos dos elementos químicos potencialmente tóxicos (EQPT) são compostos, alguns comprovadamente, cancerígenos e outros não cancerígenos, mas todos carecem de estudos mais aprofundados sobre efeitos na saúde e nos elementos mantenedores da vida.

Uma das alterações mais marcantes, objeto deste estudo, é a inserção dos EQPT no ambiente através das atividades humanas. O fator histórico que mais contribuiu para o aumento no índice de concentração desses elementos, foi a Revolução Industrial, que trouxe, em grande escala, o uso da energia obtida através da queima de combustíveis

fósseis, fazendo com que muitas alterações geradas pela intervenção antrópica se tornassem globais. Essas alterações, em diferentes períodos e locais, assumem caráter crescente, tornando indispensável o seu monitoramento.

Esse monitoramento foi realizado através de biomonitoramento, que é a análise de materiais retirados da natureza, para que se possa conhecer quais são os EQPT existentes. Na pesquisa em questão, foram utilizadas cascas de árvores, que fornecem um efetivo meio pelo qual se pode determinar os níveis de poluentes encontrados na atmosfera.

Os EQPT penetram nas árvores por duas vias: através da raiz ou pela deposição aérea. Considera-se a forma mais importante de deposição aquela ocasionada pela contaminação aérea (PUNSHON, 2001).

A casca protege os tecidos internos das árvores contra agentes agressores do ambiente externo, desse modo são capazes de armazenar muitos materiais existentes no ar. A deposição de elementos químicos na casca pode ocorrer de forma seca, ou graças à ação da água (precipitação pluviométrica e/ou umidade do ar). Os elementos químicos podem também ser armazenado com o encapsulamento da casca (SATAKE, 1999 e 2001(a), (b); SATAKE *et al*.,1995; BELLIS *et al*. 2000 (a) e (b), 2001 e 2002; SCHELLE *et al.* 2003).

Há um expressivo número de estudos que efetuam o biomonitoramento histórico, ou seja, que analisam os componentes dos anéis de crescimento das árvores, possibilitando a compreensão evolutiva da poluição de uma determinada região. Este método é freqüentemente aplicado em localidades com agressões ambientais graves, como áreas onde estão instaladas usinas nucleares, termelétricas, complexos industriais, entre outros (SATAKE, 2001; BELLIS *et al.* 2001, entre outros).

Os elementos Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, e Zn são considerados os mais importantes elementos associados com a poluição por EQPT. Os Elementos Químicos Potencialmente Tóxicos ocorrem naturalmente na formação de rochas e minérios. Ocorrem também naturalmente em baixa concentração no solo, animais, água, sedimentos e plantas (PUNSHON, 2001). Porém o crescente número dos níveis dos mesmos, devido às alterações humanas, torna o monitoramento de suas concentrações algo essencial para a proteção do meio ambiente, fornecendo base científica, que poderá auxiliar a tentativa de diminuir a emissão dos poluentes que se encontram em altas concentrações na atmosfera.

A análise se baseou nas técnicas que envolvem a utilização dos Raios X, são elas: Fluorescência por dispersão de Energia (ED-XRF), e reflexão total (TXRF). Os Raios X são bombardeados contra a amostra provocando uma excitação dos elementos químicos existentes nela. Sabe-se qual é o elemento químico pela resposta da energia emitida por cada um desses componentes do objeto analisado. Uma de suas vantagens é não ser destrutiva, permitindo analisar vários elementos em uma única leitura sem provocar alterações na amostra, preservando a qualidade das provas (SCHELLE *et al*. 2003; SIMABUCO, 2001).

Com o conhecimento dos níveis de concentração dos EQPT é possíveis conhecer os principais e mais críticos problemas ambientais, suas causas e grandezas.

FONTE DOS ELEMENTOS QUIMICOS POTENCIALMENTE TÓXICOS (EQPT), OBJETO DESTE ESTUDO, E OS MALES QUE PODEM CAUSAR À SAÚDE DAS PESSOAS.

Pela literatura acerca do assunto tratado são as seguintes as fontes de cada EQPT e seus malefícios à saúde humana (http/www.cetesb.sp.gov.br):

Cloro (Cl) – Indústria de Cloro e de inseticidas clorados. É uma substância causadora de câncer.

Cromo (Cr) – Indústria de alumínio e processos de anodização, produção de aço inoxidável, galvanoplastia, indústria de tintas e processos de uso de tintas e pigmentos, indústria de explosivos, indústrias de papel, processos associados a produção fotográfica, curtição de couros. É uma substância cancerígena.

Cobre (Cu) – Indústria de defensivos agrícolas, processos de fundição e refino. Podem acarretar problemas hepáticos e renais e atacar o sistema nervoso central.

Chumbo (Pb) – Indústria de refino de combustíveis fósseis, indústria de baterias e reciclagem, queima de combustíveis fósseis, indústria metalúrgica e de materiais de construção, indústria de tintas e plásticos, reciclagem de sucata. É uma substância que causa problemas no sistema nervoso central, tonturas, irritabilidade, dor de cabeça e perda de memória; nas crianças acarreta dificuldades de aprendizado e concentração, deficiência muscular, inflamações, problemas gastrointestinais, mutação genética (agente teratogênico), entre outros.

Mercúrio (Hg) – Indústrias cloro-alcali e indústrias de plásticos, pesticidas, papel e combustíveis, fundições e processos associados ao beneficiamento de material minerado. No organismo causa alteração das funções psicológicas e psicomotora, afeta também as glândulas salivares e os rins, a intoxicação aguda leva rapidamente a morte.

O mercúrio, sendo um metal pesado, é considerado perigoso para a saúde humana e para os ecossistemas em geral. É bio-acumulativo em organismos, com efeitos teratogênicos e neurotóxicos. A inalação crônica de mercúrio pode resultar em vários sintomas físicos, incluindo inabilidade de coordenação, dificuldades de ouvir, falar e ver. A exposição ao mercúrio noutras formas pode resultar em reações dermatológicas e danos nos rins.

Vanádio (V) – todos os combustíveis contêm partículas de diversos metais: enxofre, chumbo, vanádio, etc. O vanádio ocorre freqüentemente em plantas termelétricas operadas a óleo. Essa substância ataca as vias respiratórias, podendo provocar asma, bronquite e enfisema.

Zinco (Zn) – Indústria primária de produção do Zinco, metalurgia em geral, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, indústria de refino. Só é prejudicial à saúde quando ingerido em grandes quantidades.

PROCEDIMENTOS TÉCNICOS METODOLÓGICOS

A cidade escolhida para a análise dos níveis de EQPT foi Mogi Mirim. Primeiramente, foi feita a seleção das espécies de árvore de maior ocorrência encontrada nas áreas de estudo, e que possuíssem melhor capacidade de reter (tornar-se depósito) os EQPT em sua casca. Estudo concluiu que a sibipiruna (*Caesalpinea peltophorides*) e a mangueira (*Magifera indica*), são duas espécies que atendem às necessidades indicadas anteriormente (SCHELLE *et al*., 2003).

Neste estudo foram utilizadas as seguintes árvores: angico-cascudo-do-cerrado *(Anadenanthera falcata)*, angico *(Anadenanthera macrocarpa)* e sibipiruna *(Caesalpinia peltophoroides),* que foram escolhidas pela rugosidade da casca, pela abundância de ocorrência nos diferentes ambientes estudados e também pela idade (estimadas como possuindo idade entre 10 e 60 anos).

Mogi Mirim fica distante cerca de 50 quilômetros a norte-nordeste (NNE) de Campinas, com as seguintes características:

a. aproximadamente 90.000 habitantes;

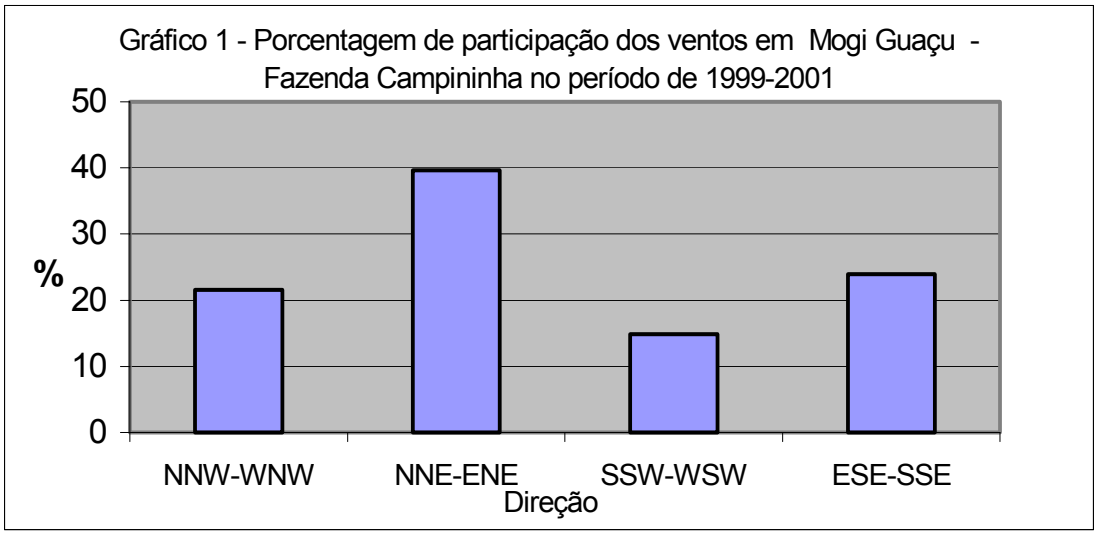
b. baixo a moderado nível de industrialização;

c. baixo a moderado nível de concentração de veículos;

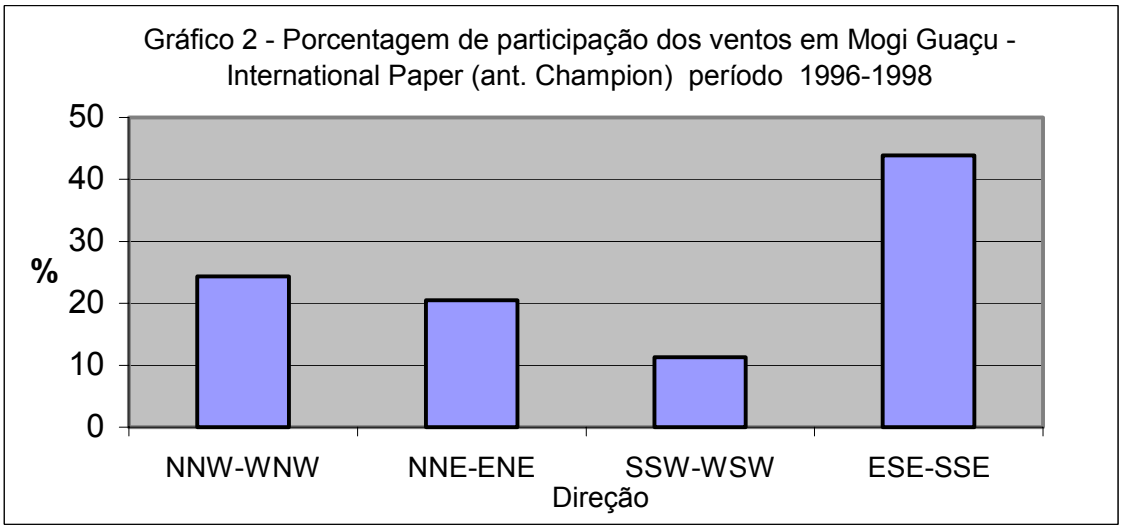
d. intenso uso da terra, principalmente, para agricultura;

e. a direção predominante dos ventos varia conforme a fonte dos dados e período de análise:

Segundo os registros da Estação Climatológica da Fazenda Campininha (Instituto Florestal), no Distrito de Martinho Prado, em Mogi Guaçu (Fevereiro de 1999 até Julho de 2001), predominam os ventos de NNE e WSW (39,6%), seguidos dos de ESE e SSE (23,9%), NNW e WNW (21,6%), SSW e WSW (14,9%), Gráfico 1.



Segundo os registros da Estação Climatológica da empresa International Paper (antiga Champion), no município de Mogi Guaçu (Junho de 1996 até maio de 1998), predominam os ventos de ESSE e SSE (43,9%), seguidos dos de NNW e WNW (24,3%), NNE e ENE (20,5%), SSW e WSW (11.3%) Gráfico 2.



Em Mogi Mirim foram escolhidas 04 áreas de amostragem, atendendo aos pressupostos de áreas mais ou menos poluídas:

1. área central da cidade, na Igreja Matriz;

2. proximidades da mais importante rodovia que corta o Município (SP-340), próxima à área urbana, na periferia da cidade;

3. área de grande concentração de vegetação (Horto Florestal, do Instituto Florestal);

4. área urbana com pouco tráfego de veículos e bastante arborizada.

Após a seleção das espécies, e dos locais onde seriam retiradas as amostras, e considerando áreas com maior ou menor probabilidade à ocorrência de poluição, obteve-se, com o auxílio de um raspador, cerca de 100 gramas da casca de cada árvore selecionada. Esse material foi adequadamente embalado e estocado em geladeira. Foi feito também o geo-referenciamento (localização), de cada unidade de amostragem através do Sistema de Posicionamento Geográfico (GPS). As informações sobre a amostra, local da coleta e descrição do ambiente, estão contidas na Tabela 1.

Devidamente armazenadas, as amostram foram encaminhadas para a análise laboratorial, que consistiu na moagem do material e confecção de "pastilhas". O passo seguinte foi a análise do material com o aparelho de Raios-X do Laboratório de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), e, com o objetivo de dar maior consistência aos resultados, algumas amostras foram duplicadas, com todos os procedimentos idênticos (coleta e confecção da amostra) e enviados para análise no Laboratório Churchill, Inglaterra.

Tabela 1 – Descrição detalhada sobre as amostragens.

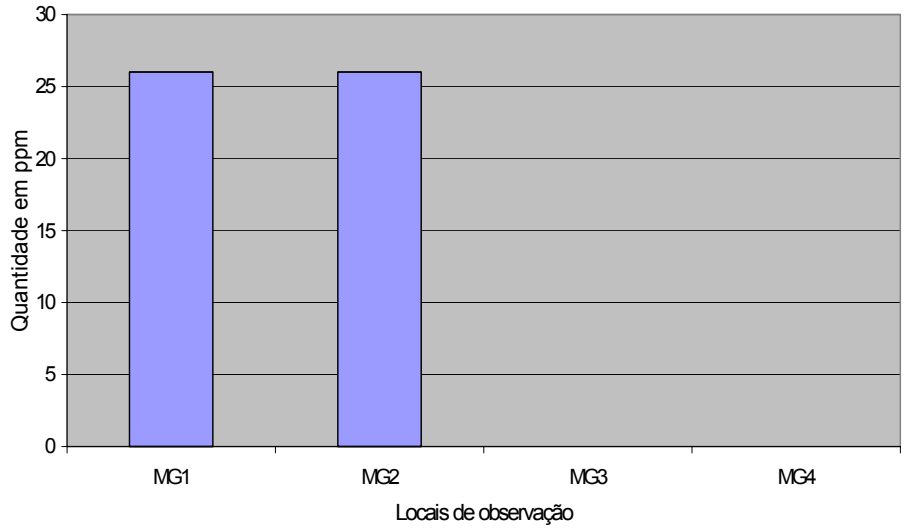
Amostra e local da coleta com descrição do ambiente e coordenadas geográficas.	***Árvore amostrada*** ***Nome popular e nome científico com os índices dos EQPT encontrados (ppm)***
Mogi Mirim 01 (MG1) - Horto Florestal, área de preservação ambiental com vegetação densa, próxima ao centro de Mogi Mirim. Cidade com população aproximada de 90.000 habitantes, com baixa a moderada industrialização. No local de coleta sem tráfego de veículos. Lat. -22º 26' e Long - 46º 57'	angico-cascudo-do-cerrado (*Anadenanthera falcata)* *Índices* *Cl – 26,0; Cr - 3,0; Cu - 18,0;* *Pb – 2,0;Hg – 1,1;* *Va – 0,0; Zn – 131*
Mogi Mirim 02 (MG2) - Tiro de Guerra de Mogi Mirim, área arborizada residencial, próxima a rua com pouco movimento de veículos e afastada do centro e da área industrial. Lat. - 22º 25' 492" Long - 46º 58' 956"	sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides)* *Índices* *Cl – 26,,0; Cr – 3,0;* *Cu – 19,0; Pb – 8,0;Hg – 1,3;* *Va– 0,0; Zn – 66,0*
Mogi Mirim 03 (MG3)- Igreja Matriz, área central de Mogi Mirim Lat. - 22º 25' 979" Long. -46º 57' 536"	sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides)* *Índices* *Cl – 0,0; Cr – 5,0; Cu – 26,0;* *Pb – 7,0; Hg – 1,5;* *Va – 13,0* *Zn – 55*
Mogi Mirim 04 (MG4) - Rotatória da rodovia SP 340, área de intenso tráfego de veículos de passeio e cargas, próxima ao eixo industrial. Lat. - 22º 26' 269" Long. - 46º 59' 283"	angico-cascudo-do-cerrado (*Anadenanthera falcata)* Índices *Cl – 0,0; Cr – 11,0; Cu – 20,0;* *Pb- 8,0; Va – 22,0; Zn – 133,0*

RESULTADOS

Apresentam-se a seguir os índices de ocorrência de cada EQPT individualmente em partes por milhão (ppm).

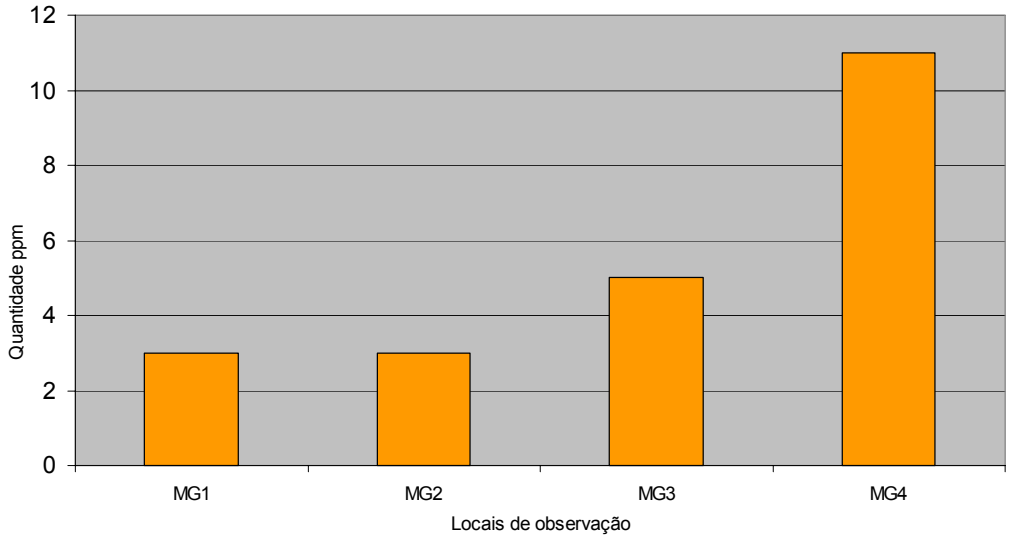
Cloro (Cl) – foram encontrados índices de 26,0 ppm na área do Horto Florestal (MG1) e nas proximidades do Tiro de Guerra (MG2). Na área central da cidade (MG3) e nas proximidades da rodovia SP 340 (MG4), não foi detectada a presença de Cloro. O Gráfico 3 apresenta os dados encontrados.

Gráfico 3 - Ocorrência de Cloro em casca de árvores em Mogi Mirim/SP



Cromo (Cr) – os índices variaram de 3,0 a 11,0 ppm. As maiores concentrações de Cromo foram detectadas nas proximidades da rodovia SP 340, enquanto no Horto Florestal e nas proximidades do Tiro de Guerra o índice foi de 3,0 ppm. O Gráfico 4 apresenta os dados encontrados em cada amostra.

Gráfico 4 - Ocorrência de cromo em casca de árvores de Mogi Mirim/ SP



SCHELLE *et al* (2003) compara índices de Cromo encontrados em diferentes áreas do Brasil, no Centro de Londres (próximo ao Palácio de Buckingham) e na Escócia (Invergarry, no Canal da Caledônia), considerado local livre de poluição significativa, a saber:

Centro da Cidade de São Paulo - 4,0 ppm;

Cidade de Cubatão – 11,0 ppm;

Cidade de Sorriso e Nobres (MT) – 5,0 ppm;

Cidade de Poconé (MT), na área de mineração de ouro – 5,0 ppm;

Centro de Londres – 4,0 ppm;

Escócia (Invergarry, Canal da Caledônia) – 1,0 ppm.

Cobre (Cu) - Em Mogi Mirim os índices de Cobre variaram de 18,0 a 26,0 ppm. Os valores detectados foram mais ou menos homogêneos nas 04 áreas amostradas. O Gráfico 5 apresenta a distribuição do Cobre no município.

Os índices de Cobre indicados em SCHELLE *et al* (2003), foram os seguintes:

Centro da cidade de São Paulo – 25,0 ppm;

Cidade de Cubatão – 27,0 ppm;

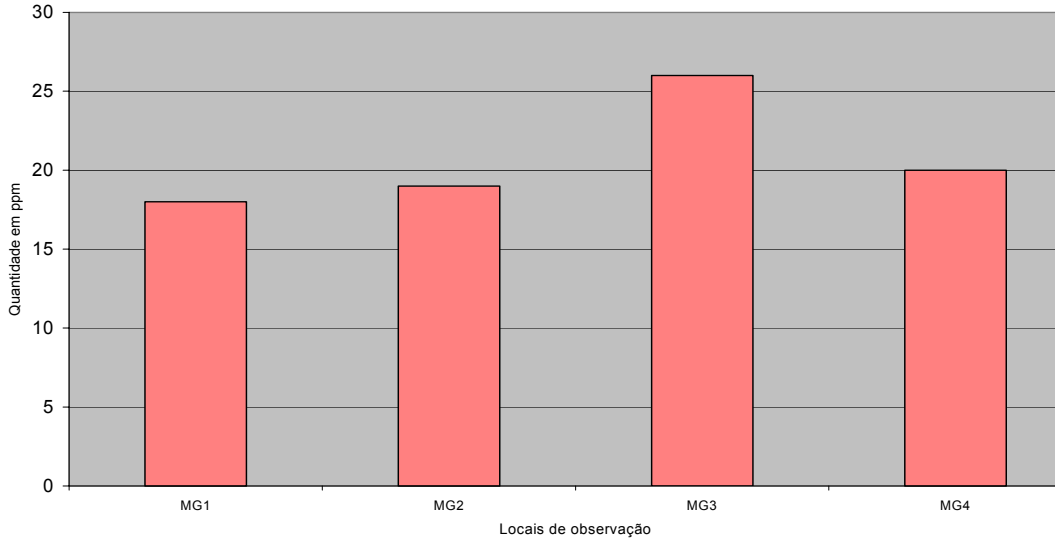
Cidade de Sorriso e Nobres (MT) – 5,0 e 7,0 ppm, respectivamente;

Cidade de Poconé (MT), na área de mineração de ouro – 7,0 ppm;

Centro de Londres – 16,0 ppm;

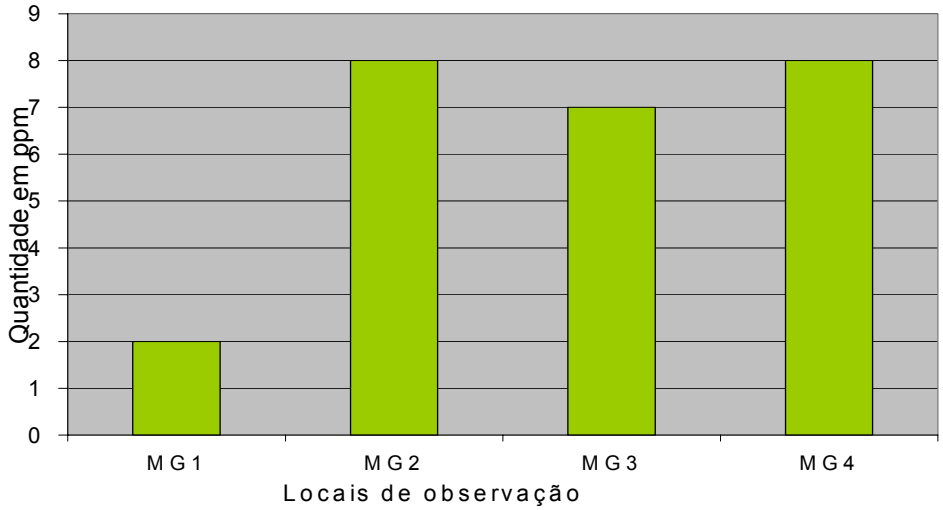
Escócia (Invergarry, Canal da Caledônia) – 4,0 ppm.

Gráfico 5 - Ocorrência de Cobre em casca de árvores em Mogi Mirim/SP



Chumbo (Pb) – Os índices observados em Mogi Mirim variaram de 2,0 a 8,0 ppm. Com exceção da área do Horto Florestal com índice detectado de 2,0 ppm, as demais áreas apresentaram índices semelhantes de 7,0 e 8,0 ppm. O Gráfico 6 apresenta a ocorrência de Chumbo nas amostras coletadas.

Gráfico 6 - Ocorrência de Chumbo em casca de árvores em Mogi Mirim/SP



No trabalho de SCHELLE *et al* (2003), foram encontrados os seguintes índices quanto ao elemento Chumbo:

Centro da cidade de São Paulo – 20,0 ppm;

Cidade de Cubatão – 11,0 ppm;

Cidade de Sorriso e Nobres (MT) – 1,0 ppm;

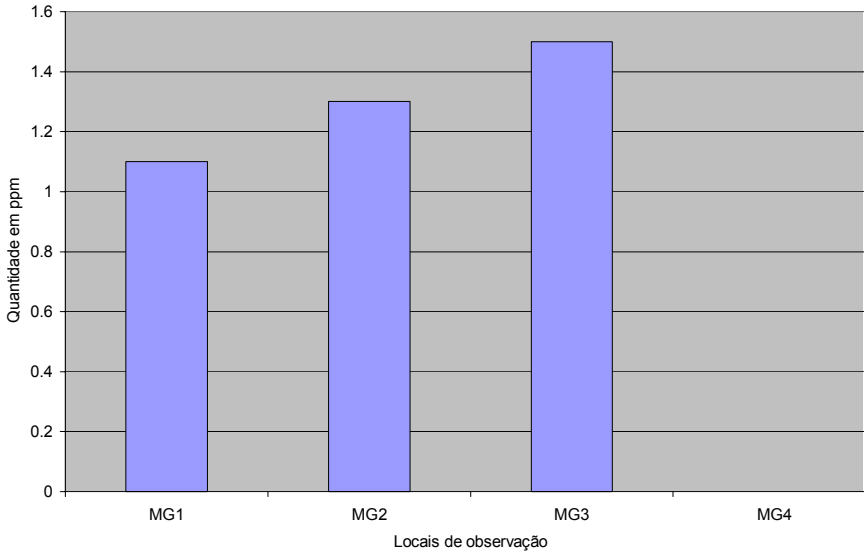
Cidade de Poconé (MT), área de mineração de ouro – 5,0 ppm;

Centro de Londres – 14,0 ppm;

Escócia (Invergarry, Canal da Caledônia) – 4,0 ppm.

Mercúrio (Hg) – Os valores de mercúrio, quando encontrados, em Mogi Mirim variaram entre 1,1 e 1,5 ppm. O Gráfico 7 apresenta os valores encontrados de chumbo nas amostras.

Gráfico 7 - Ocorrência de Mercúrio em casca de árvores em Mogi Mirim - SP



Com relação ao Mercúrio, SCHELLE *et al* (2003), apresenta os seguintes índices;

Centro da cidade de São Paulo – 0,9 ppm;

Cidade de Cubatão – 1,1 ppm;

Cidade de Sorriso e Nobres (MT) – 1,0 e 0,5 ppm, respectivamente;

Cidade de Poconé (MT), na área de mineração de ouro – 4,2 ppm.

Centro de Londres – 10,9 ppm;

Escócia (Invergarry, Canal da Caledônia) – 10,0 ppm.

Vanádio(V) – Em Mogi Mirim esse EQPT não foi detectado nas áreas do Horto Florestal e do Tiro de Guerra. Detectou-se índices de 13,0 ppm no centro da cidade e 22,0 ppm nas proximidades da rodovia SP 340. O Gráfico 8 apresenta os valores encontrados de Vanádio nas amostras coletadas.

Gráfico 8 - Ocorrência de Vanádio em Mogi Mirim /SP

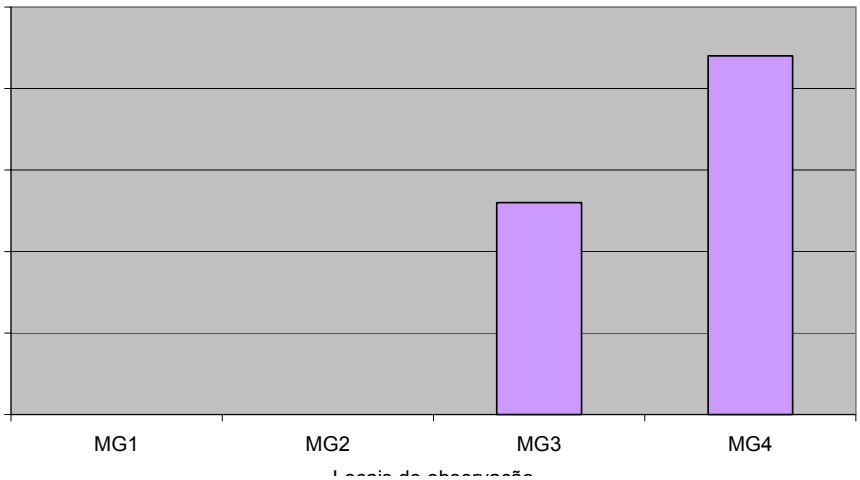
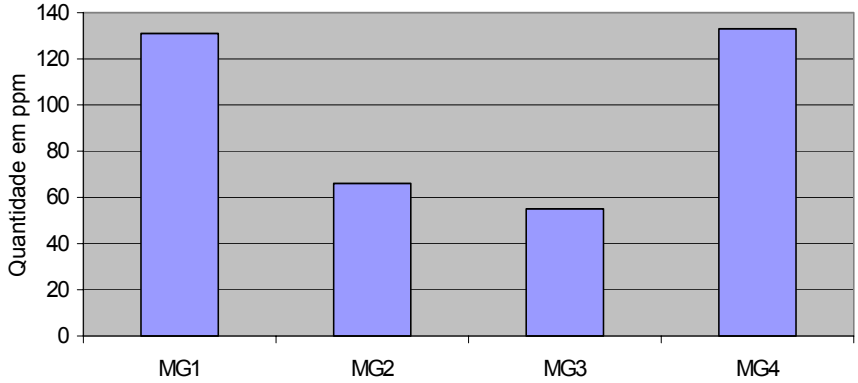


Gráfico 9 - Ocorrência de Zinco em casca de árvore em Mogi Mirim/SP



Zinco(Zn) – Em Mogi Mirim os índices variaram de 55,0 até 133,0 ppm. Os maiores valores foram detectados nas proximidades da rodovia SP 340 com valores de 133,0 ppm e no horto florestal com 131,0 ppm, enquanto que no centro da cidade o índice foi de 55,0 ppm e nas proximidades do Tiro de guerra o índice foi de 66,0 ppm. O Gráfico 9 apresenta a distribuição de Zinco nas amostras coletadas.

No trabalho de SCHELLE *et al* (2003), foram encontrados os seguintes índices de zinco:

Centro da cidade de São Paulo – 118,0 ppm;

Cidade de Cubatão – 171,0 ppm;

Cidade de Sorriso e Nobres (MT) – 2,0 e 4,0 ppm, respectivamente;

Cidade de Poconé (MT), na área de mineração de ouro – 4,2 ppm.

Centro de Londres – 410 ppm;

Escócia (Invergarry, Canal da Caledônia) – 10,0 ppm.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo mostram que o município de Mogi Mirim (área urbana e imediações próximas), apresenta um preocupante processo de contaminação atmosférica por Elementos Químicos Potencialmente Tóxicos (EQPT).

A metodologia mostrou-se bastante interessante para a detecção dos EQPT, principalmente pelo fato de que as árvores analisadas possuem uma idade estimada entre 10 e 60 anos, se nesse período houve esse elevado índice de acúmulo, nas cascas das árvores, desses elementos expostos no ambiente; esses índices e esses elementos químicos são perfeitamente passíveis de serem acumulados pelo organismo humano. Nesse sentido seria, também, importante para um futuro estudo fazer-se: (a) aumentar-se o número de pontos de amostragem e definir-se isolinhas de valores da presença de EQPT e, (b) fazer a análise sangüínea de pessoas residentes, naqueles locais, de posse dessas informações (acúmulo em casca de árvores e acúmulo no organismo humano), se teria uma importante ferramenta visando melhorar a qualidade da saúde da população, decisões das políticas publica, localização de futuras indústrias, passivos ambientais, ou seja, para o planejamento em geral.

Finalizando, podemos acrescentar que essa metodologia é de fácil aplicação e de custos razoáveis, apresentando resultados rápidos para tomadas de decisões, bastante adequada à realidade brasileira.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de deixar nossos agradecimentos à Dra. Maria da Graça Barros Sartori, da Universidade Federal de Santa Maria (RS), pela análise crítica do texto e pelas importantes sugestões que contribuíram para a realização deste estudo.

We wish to express our thanks to Professor Cameron W. McLeod, Mr. A. G. Cox, and Mr. Ian Stanton (Centre for Analytical Science, Department of Chemistry, University of Sheffield, UK) for valuable scientific contributions and assistance in the field and laboratory, with sample collection, preparation and analysis.

REFERÊNCIAS

BELLIS, D., MA, R.; BRAMALL N.; McLEOD C.W.; CHAMPMAN, N., SATAKE, K. Airbone uranium contamination – as revealed throught elemental and isotopic analysis of tree bark**. Elsevier**, 2000 (**a**) p.383-387.

BELLIS, D., MA, R.; BRAMALL, N.; McLEOD, C.W. Emission of enriched uranium in atmosphere of Tokai Mura, Japan. **Elsevier**. 2000 (**b**). P.283-286.

BELLIS, J.D.; MAcLEOD C. W.; SATAKE, K. Pb and $^{206}Pb/^{207}Pb$ isotopic analysis of a tree bark pocker near Sheffield, UK recording historical change in airborne pollution during the 20th Century. **Elsevier**, 2001

BELLIS J.D.; SATAKE, K.; NODA, M.; NISHIMURA, N.; McLEOD, C. W.; Evaluation of the historical records of lead pollution in the annual growth rings and bark pockets of a 250 – year old Quecus Crispula in Nikko, Japan. **Elsevier,** 2002.

GALVÃO Fo., J. B. Poluição do ar. In: Maguiles, S. (edit.) **Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos.** (cap.2) Brasília, Editora IPEA, 1990. p. 35-51.

PUNSHON, T. Tree crops *In*: PRASSAD, M. N. V. (org.). **Metals in environmental analysis by biodiversity**. Nova York, USA, Marcel Dekker, inc. 2001. p.321-351. SATAKE, K.; TANAKA, A.; KIMURA, K. Accumulation of lead in tree trunk Bark pockets as pollution time capsules**. Elsevier.** 1995. p. 25-30.

SATAKE, K. Measuring how worse off we are. **Environment Nature**, 1999.

SATAKE, K. New eyes for looking back to the past and thinking of the future**.** *In*: Water, Air, and Soil Pollution, **130**: 2001(**a**), p.31-42.

SATAKE, K. Tree Bark/Tree "Bark Pockets" as pollution time capsules for historical monitoring *In*: PRASSAD, M. N. V.(org.). **Metals in environmental analysis by biodiversity**. Nova York, USA, Marcel Dekker, inc. 2001(b), p.353-365.

SCHELLE, E.; STANTON, I.; CLARKSON, P. J.; BELLIS D. J.; McLEOD C. W. ; Rapid multi-element analysis of tree bark by EDXRF. **Elsevier.** 2003**.**

SIMABUCO, S. M. Radiografia da poluição em Campinas. **Revista FAPESP** no. 66, 2001. pg. 67-69.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY H. A.; LUCENCO, J.; MELILLIO, J. M. Human domination of earth's ecosystems**. Science Magazine**, vol. 277, 1997.